

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-237751

(43)Date of publication of application : 31.08.2001

(51)Int.Cl.

H04B 7/06
H04B 1/04
H04B 1/10
H04B 1/18
H04B 7/08
H04J 3/00

(21)Application number : 2001-003612

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 11.01.2001

(72)Inventor : FOSCHINI GERARD JOSEPH
LOZANO ANGEL
RASHID-FARROKHI FARROKH
VALENZUELA REINALDO A

(30)Priority

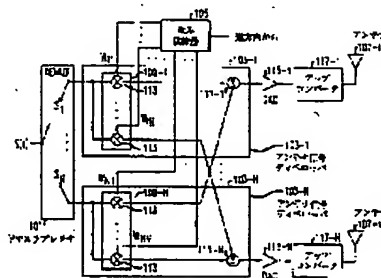
Priority number : 2000 482429 Priority date : 13.01.2000 Priority country : US

(54) METHOD AND DEVICE FOR TRANSMITTING SIGNAL IN COMMUNICATION SYSTEM AND TRANSMITTER AND RECEIVER USED IN MIMO SYSTEM

(57)Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and a device which can process signals to be transmitted from various antenna, for improving the capability of a receiver that extracts these transmitting signals from the received signals, regardless of some correlations in a MIMO system.

SOLUTION: The number of bit streams to be transmitted simultaneously is adjusted and decreased, according to the correlation level, and at the same time plural versions of every bit stream weighted in various ways are transmitted at the same time. These weighted versions are coupled together for generating a single-coupled weighting signal. A receiver processes the received signals, as through all signals arrived at a receiving antenna with no correlation. A weight vector can be decided with a forward channel transmitter, by making use of the channel characteristic of a forward link that is notified to a transmitter of a forward link when the channel characteristic is transmitted from a receiver of a forward link via a transmitter of a reverse link.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

リームの各々から生成された前記重み付けされたサブストリームの中の1つを結合するための手段とを有することを特徴とする装置。

【請求項7】 L個の受信機アンテナを有する受信機へ順方向チャネルを介して送信するN個の送信アンテナを備えた送信機および前記受信機から前記送信機へ送信する逆方向チャネルを有する送信システム中で信号を送信するための装置であって、前記L個の受信アンテナのうちの1つまたは3つ以上により受信される信号中に相関が存在する可能性があるものにおいて、

前記N個の送信アンテナから前記L個の受信アンテナへ送信される独立の信号の数を決定するための手段と、前記N個の送信アンテナから前記L個の受信アンテナへ送信される独立の信号の数の各々に対して送信されるべきデュータサブストリームを、デュータサブストリームから生成するための手段と、

サブストリームあたりN個の重み付けされたサブストリームを生成するために、1つの重みを前記N個の送信アンテナの各々に対して、前記サブストリームの各々をN個の重みで重み付けするための手段と、

前記送信アンテナの各々に対する送信信号を生成するために、前記送信アンテナの各々に対して、前記サブストリームの各々から生成された前記重み付けされたサブストリームのうちの1つを結合するための手段とを有することを特徴とする装置。

【請求項8】 前記送信機は、前記重みを生成するための手段を含むことを特徴とする請求項7記載の装置。

【請求項9】 前記送信機は、前記重みを記憶するための手段を含むことを特徴とする請求項7記載の装置。

【請求項10】 前記送信機は、前記重みを生成するための手段を含むことを特徴とする請求項7記載の装置。

【請求項11】 L個の受信機アンテナを有する受信機へ順方向チャネルを介して送信するN個の送信アンテナを備えた送信機および前記受信機から前記送信機へ送信するための逆方向チャネルを有する送信システム中で信号を送信するための装置であって、前記L個の受信アンテナのうちの2つまたは3つ以上により受信される信号中に相関が存在する可能性があるものにおいて、

前記N個の送信アンテナから前記L個の受信アンテナへ送信される独立の信号の数の各々に対して送信されるべきデュータサブストリームを、デュータサブストリームから生成するためのデュータサブプレックスと、

サブストリームあたりN個の重み付けされたサブストリームを生成するために、1つの重みを前記N個の送信アンテナの各々に対して、前記サブストリームの各々をN個の重みで重み付けするためのマルチプレックスと、

前記送信アンテナの各々に対する送信信号を生成するために、前記送信アンテナの各々に対して、前記サブストリームの各々から生成された前記重み付けされたサブストリームのうちの1つを結合するための加算器とを有

ることを特徴とする送信機。

【請求項12】 前記結合された重み付けサブストリームの各々を変換するためのデジタル/アナログコンバータをさらに有することを特徴とする請求項11記載の送信機。

【請求項13】 前記アナログ変換された結合された重み付けサブストリームの各々を無線周波数に変換するためのアップコンバータをさらに有することを特徴とする請求項11記載の送信機。

【請求項14】 前記重みは、前記逆方向チャネルを介して前記受信機から受信された順方向チャネルの前の記憶遅延および前記干渉分散行列の遅延値に応じて、前記送信機において決定されることを特徴とする請求項11記載の送信機。

【請求項15】 前記重みは、前記受信機中で決定され、前記逆方向チャネルを介して前記送信機に送信されることを特徴とする請求項11記載の送信機。

【請求項16】 前記重みは、行列式 $H^{\dagger}(K^N)H = U^{\dagger} \Lambda^2 U$ を解くステップと、連立方程式【数1】

$$\tilde{\lambda}^i = \left(\nu - \frac{1}{(\lambda^i)^2} \right)^{-1}$$

および

$$\sum_j \tilde{\lambda}^j = P$$

をについて解くことにより、前記固有値 λ をウェークーフリリングするステップと、 $\Phi = U^{\dagger} \text{diag}(\lambda^{-1}, \dots, \lambda^{-M}) U$ の行列を定義するステップと、

【数2】

$$\sqrt{\lambda} z_y$$

であり、jは1からNまでの整数である非正規化された重みベクトル $w_i = [w_{i1}, \dots, w_{iN}]$ を生成するステップとにより決定され、ここで、

Hは、チャネル応答行列であり、 H^{\dagger} は、前記チャネル応答行列Hの共役転置行列であり、

K^N は、干渉分散行列であり、 U は、単位行列であり、その各行は、 $H^{\dagger}(K^N)H$ の固有ベクトルであり、 Λ は、 $\Lambda = \text{diag}(\lambda^1, \dots, \lambda^M)$ として定義される対角行列であり、

$\lambda^1, \dots, \lambda^M$ は、 $H^{\dagger}(K^N)H$ の各固有値であり、Mは、前記独立の信号の数に対応する非ゼロ固有値の最大数であり、

U^{\dagger} は、行列Uの共役転置行列であり、

kは、1からMまでの整数の指数であり、

pは、送信される電力であり、

すは、そのアーギュメントが真であるときアーギュメント自体に戻るオペレータであり、

各 $i \sim j$ は、各重みベクトルに対する電力を表す中間変数であり、

diagは、対角な λ^i が、行列 Φ の主対角線のエレメントとして配置されることを示し、

行列 Φ の各列は、 $\Phi = [z_1, \dots, z_N]$ により示される正規化された重みベクトルとして使用され、前記正規化された重みベクトルは、個別に正規化された重み z_i 、 $z_i = [z_{i1}, \dots, z_{iN}]$ からなり、iは1からNまでの整数であることを特徴とする請求項11記載の送信機。

【請求項17】 前記送信機および受信機は時分多重(TDD)を使用して通過し、前記重みは、前記送信機に対して前記逆方向リンクの受信機により決定された順方向チャネル応答の推定値を使用して前記送信機中で決定されることを特徴とする請求項11記載の送信機。

【請求項18】 L個のアンテナと、

前記受信機により受信されている順方向チャネルに対する干渉分散行列の推定値を決定するためのシステム中で使用することを特徴とするMIMOシステム中で使用するための受信機。

【請求項19】 前記受信機により受信されている順方向チャネルに対するチャネル応答の推定値を決定するためのシステムにおいて、前記干渉分散行列の推定値およびチャネル応答の推定値を受信機に送信するための逆方向チャネルのための送信機とを有することを特徴とするMIMOシステム中で使用するための送信機。

【請求項20】 前記受信機により受信されている順方向チャネルに対する干渉分散行列の推定値を決定するためのシステム中で、

前記受信機により受信されている順方向チャネルに対するチャネル応答の推定値を決定するためのシステム中で、

前記受信機により受信されている順方向チャネルに対する干渉分散行列の推定値および前記受信機により受信されている順方向チャネルに対するチャネル応答の推定値の関数として、デュータサブストリームを前記受信機に送信するために、前記順方向チャネルの送信機により使用するための重みを計算するための重み計算器とを有することを特徴とするMIMOシステム中で使用するための受信機。

【請求項21】 前記重みは前記逆方向チャネルのための受信機へ送信するための逆方向チャネルのための送信

機をさらに有することを特徴とする請求項20記載の受信機。

【請求項22】 L個のアンテナと、

L個のダウンコンバータと、

前記受信機により受信されている順方向チャネルに対する干渉分散行列の推定値を決定するためのシステム中で、

前記受信機により受信されている順方向チャネルに対するチャネル応答の推定値を決定するためのシステムと、

デュータサブストリームを前記受信機に送信するための前記順方向チャネルの送信機により使用するための重みを計算するための重み計算器とを有し、

前記重みは、行列式 $H^{\dagger}(K^N)H = U^{\dagger} \Lambda^2 U$ を解くステップと、連立方程式【数1】

$$\tilde{\lambda}^i = \left(\nu - \frac{1}{(\lambda^i)^2} \right)^{-1}$$

および

$$\sum_j \tilde{\lambda}^j = P$$

をについて解くことにより、前記固有値 λ をウェークーフリリングするステップと、

$\Phi = U^{\dagger} \text{diag}(\lambda^{-1}, \dots, \lambda^{-M}) U$ の行列を定義するステップと、

【数2】

$$\sqrt{\lambda} z_y$$

であり、jは1からNまでの整数である非正規化された重みベクトル $w_i = [w_{i1}, \dots, w_{iN}]$ を生成するステップとにより決定され、ここで、

Hは、チャネル応答行列であり、 H^{\dagger} は、前記チャネル応答行列Hの共役転置行列であり、

K^N は、干渉分散行列であり、

Uは、単位行列であり、その各行は、 $H^{\dagger}(K^N)H$ の固有ベクトルであり、

Λ は、 $\Lambda = \text{diag}(\lambda^1, \dots, \lambda^M)$ として定義される対角行列であり、

$\lambda^1, \dots, \lambda^M$ は、 $H^{\dagger}(K^N)H$ の各固有値であり、Mは、前記独立の信号の数に対応する非ゼロ固有値の最大数であり、

U^{\dagger} は、行列Uの共役転置行列であり、

kは、1からMまでの整数の指数であり、

pは、送信される電力であり、

すは、そのアーギュメントが真であるときゼロに戻り、

そのアーギメントが正であるときアーギメント自体に原オペレータであり、
各 λ^i は、各重みベクトルに対する電力を算出中間変数であり、
 diag は、 $\lambda^1, \dots, \lambda^N$ が、行列 Φ の主対角線のエレメントとして配置されることを示し、
行列 Φ の各列は、 $\Phi = [\lambda^1, \dots, \lambda^N]$ により示される正規化された重みベクトルとして使用され、前記正規化された重みベクトルは、個別の正規化された重み λ^i 、 $\lambda^i = [\lambda^i_1, \dots, \lambda^i_N]$ からなり、 i は1からNまでの整数であることを特徴とするMIMOシステム中で使用するための受信機。
【請求項23】 L個の受信機アンテナを有する受信機へ順方向チャネルを介して送信するN個の送信アンテナを備えた送信機および前記受信機から前記送信機へ通信するための逆方向チャネルを有する通信システム中で送信する送信機の方法であって、前記L個の送信アンテナのうちの2つまたは3つ以上により受信される信号中に相関が存在する可能性があるものにおいて、前記信号を形成するスタックの一部として、前記N個のアンテナを介して送信されるベクトルデータから得られたサブストリームに對する重みを決定するプロセスにより、前記N個の送信アンテナから前記L個の受信アンテナへ送信される独立の信号Mの数を決定するステップを有し、前記重みは、
$$\hat{\lambda}^i = (v - \frac{1}{(\lambda^i)^2})^*$$

および
$$\sum_i \hat{\lambda}^i = P$$

をいについて解くことにより、前記固有値 λ をウェーブファイリングするステップと、
 $\Phi = U \text{diag}(\lambda^1, \dots, \lambda^N) U^H$ の行列 Φ を決定するステップと、
その中の前記重みの各 λ^i は、
$$\sqrt{\lambda^i} \lambda^i$$

であり、 i は1からNまでの整数である非正規化された重みベクトル $w^i = [w^i_1, \dots, w^i_N]$ を生成するステップとにより決定され、ここで、
Hは、チャネル応答行列であり、
 H^H は、前記チャネル応答行列Hの共役転置行列であり、
KNは、干渉共分散行列であり、

替るようにより処理される。より具体的には、同時に送信されるビットストリームの数が、相関のレベルに依存し、調整され、例えば低減され、様々な重み付けされた各ビットストリームの複数のパージョンが同時に送信される。様々な重み付けされたパージョンは、結合されて、各アンテナについての1つの結合された重み付け信号、いわゆる「送信ベクトル(transmit vector)」を生成する。受信機は、受信アンテナに到達する全ての信号が相関がないようにされたと同じように受信された信号を処理する。

【0005】本発明の実施形態において、重みベクトル(weight vector)は、逆方向リンクの送信機により順方向リンクの受信機から送信されることにより、順方向リンクの送信機に知らせた順方向リンクのチャネル特性を使用して、順方向チャネル送信機により決定される。本発明の別の実施形態において、重みベクトルは、順方向リンクのチャネル特性を使用して順方向チャネル受信機により決定され、決定された重みベクトルは、逆方向リンクの送信機により順方向リンクの受信機から送信されることにより、順方向リンクの送信機に知られる。【0006】重みベクトルを決定するために使用されるチャネル特性は、送信機から受信機へのチャネル応答および受信機において測定された雑音および干渉の共分散行列(covariance matrix)を含み得る。

【0007】
【発明の実施の形態】機能ブロック「プロセッサ」を含む図面に示された様々なエレメントの機能は、専用ハードウェア並びに適切なソフトウェアとの関連でソフトウェアを実行することができ、ハードウェアを含む、プロセッサにより提供される場合、機能は、単一の専用プロセッサにより、単一の専用プロセッサにより、またはそのうちのいくつかの組み合わせにより提供される。

【0008】また、「プロセッサ」または「コントローラ」の用語の明示的な使用は、ソフトウェアを実行することができ、ハードウェアのみを排他的に指すものと解釈されるべきではなく、これに限定されるものでない。【0009】本発明は、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)ハードウェア、ソフトウェアを記憶するためのリードオンリメモリ(ROM)、ランダムアクセスメモリ(RAM)および不揮発性記憶装置を明示的に含み得る。

【0010】従来のおよび/またはは、本発明の他のハードウェアも、含まれる。図面に示されたスライスは、単に概念的なものである。それらの機能は、プログラムロジックの動作により、専用ロジックにより、プログラムコンローラの相互作用により、および専用ロジックにより、または相違により実行されることである。【0011】図1は、順方向チャネル上をL個の送信アンテナを有する受信機へ送信するN個の送信アンテナを

備えた送信機および受信機から送信機への通信のための逆方向チャネルを有するMIMOシステムにおいて送信するための信号を生成するための送信機の明示的な一部を示し、いくつかの相関にも関わらず、そのレベルの相関のチャネルで達成される最高の性能および伝送量、本発明の原理により得られるようになっている。

【0011】図1において、a) デマルチプレクサ (demux) 101、b) アンテナ信号ディベロッパ103-1ないし103-Nを含むアンテナ信号ディベロッパ103、c) 重み供給器105、d) アンテナ107-1ないし107-Nを含むN個のアンテナ107、e) 115-1ないし115-Nを含むN個のデジタル/アナログコンバータ(DAC) 115、およびf) アップコンバータ117-1ないし117-Nを含むアップコンバータ117が示されている。

【0012】デマルチプレクサ101は、入力としてデマルチプレクサをとり、入力デマルチプレクサから様々なビットをデマルチプレクサの各々に供給することにより、出力デマルチプレクサとして供給する。1つのデマルチプレクサが、デマルチプレクサ101により、N個の出力のうちの1つに供給される。しかし、送信機から受信機への相関の減少が減少される場合、同時に送信されるビットストリームの数は、送信機から受信機への相関の減少により減少される。そのような場合において、使用される特定の出力は、設計者の最良による。例えば、第1の出力のみが使用される。ここで、Yは送信される相関のない信号の数である。

【0013】各デマルチプレクサ101は、アンテナ信号ディベロッパ103のうちの対応する1つに供給される。アンテナ信号ディベロッパ103のうちの各々は、重み供給器105-1ないし105-Nのうちの1つおよび加算器111-1ないし111-Nのうちの1つを含む。アンテナ信号ディベロッパ103のうちの各々において、デマルチプレクサ103のうちの各々9のうちの1つの中の乗算器113の各々に供給される。

【0014】重み供給器105は、乗算器113の各々に重み値を供給する。本発明の一実施形態において、重み供給器105は、図示しない受信機から逆方向チャネルを介して受信された情報に基き、重み値を算出して送信機に供給され、必要とされる時点で、重み供給器105に格納される。本発明の一面面に従って重み値を生成するためのプロセスを、以下に説明する。【0015】乗算器113の各々は、それが受信するサブストリームをそれが受信する重みと乗算する。得られる値は、加算器111のうちのそれぞれ1つに供給される。特に、各重みブロック109のR番目の乗算器によ

る。
(1) U^T は、行列 U の共役転置行列である。
[0035] として、よく知られたいわゆる「ウォーターフィルリング (waterfilling)」が、 v に対して適立方根式
[数1]
$$\lambda^k = \left(v - \frac{1}{(\lambda^k)^2} \right)^+$$

および
$$\sum \lambda^k = P$$

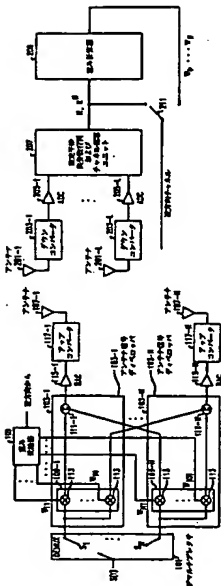
を解くことにより、固有値 λ について実行される。ここで、 k は、1 から M までの整数の指数、 P は、送信される電力、 $+$ は、そのアーギュメントが負であるときゼロに戻り、そのアーギュメントが正であるとき、アーギュメント自体に等しい値を返す関数である。
[0036] 新しい行列 Φ は、 $\Phi = U^T \text{diag}(\lambda^1, \dots, \lambda^M) U$ として定義され、 diag は、他の全てのエントリがゼロである行列の主対角のエントリとして λ^k が配置されることを示す。
行列 Φ の各列は、単位電力に基づいて、 $\Phi = [x_1, \dots, x_M]$ により示される正規化された重みベクトルとして使用され、重みベクトルは、個別の重み $x_1, x_2, \dots, x_M, \dots, x_N$ からなる。そして、重みベクトル $w_1 = [w_1, \dots, w_N]$ は、重みベクトルに割り当てられるべき電力に基づいて、非正規化することにより決定される。その中の様々な重みは、
[数2]
$$\sqrt{\lambda^k} x_k$$

であり、 j は 1 から N までの整数である。
[0037] その後、ステップ 407 において、決定された重み値が、例えば逆方向チャネルを介して、順方向リンクの受信機により、順方向リンクの送信機へ供給される。重みは、重み供給部 105 (図 1) 中に記憶される。
[0038] ステップ 408 (図 4) において、入力データストリーム S (1) (図 1) は、例えばデジタルサブキャリア 101 により、 N 個のサブキャリア S_1, \dots, S_N に分割される。データストリームの各々は、ステップ 411 において (図 4)、重みベクトル w_1, \dots, w_N のそれぞれ 1 つずつ乗算される。ここで、1 は、1 から N までの整数である。換言すれば、各特定のデータストリームの各ビットは、そのそれぞれの重みベクトル中の重みの各々と乗算されて、各データストリームに対する N 個の重み付けビットを生成する。
[0039] ステップ 413 において、サブキャリア

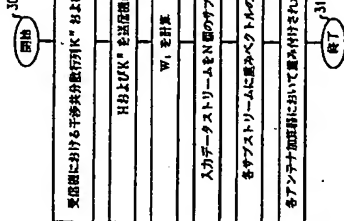
ムにおいて送信するための信号を生成するための例示的なプロセスをフローチャートの形式で示す図。
[図 4] 本発明の原理に従って、いくらかの相間にも関わらず、そのレベルの相間のチャネルで達成される最高の性能および容量が得られるように、MIMO システムにおいて送信するための信号を生成するための別の例示的なプロセスをフローチャートの形式で示す図。

[符号の説明]
101 デジタルサブキャリア
105 重み供給部 逆方向から

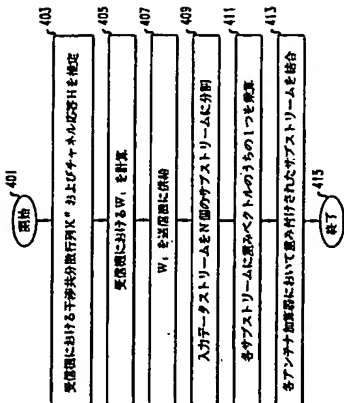
[図 1]



[図 3]



[図 4]



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷
H 04 J 3/00

F I
H 04 J 3/00
ターコッド (特許)

(11)

特開平13-237751

(71) 出願人 59007259

600 Mountain Avenue,
Murray Hill, New Jersey 07974-0638 U. S. A.

(72) 発明者 ジェラルド・ジョセフ ファスチーニ

アメリカ合衆国、08879 ニュージャージー
ー、ニュージャージー、セイアービル、オ
ーチャード ストリート 79

(72) 発明者 エンジェル ロザノ

アメリカ合衆国、10006 ニューヨーク、
ニューヨーク、ウエストストリート 21、
アパートメント 4-G

(72) 発明者 フアロク ラシド-フアロク

アメリカ合衆国、94639 カリフォルニア、
フレモント、ビー、オー、ボックス
14392

(72) 発明者 レイナルド エー、バレンズエラ

アメリカ合衆国、07733 ニュージャージー
ー、ホルムデル、バートリッジ ラン 17